

明 細 書

温度湿度交換器

技術分野

- [0001] この発明は、高温の湿潤ガスから水分を透湿する透湿膜を介して伝達される熱および水分により低温の乾燥ガスを加熱加湿する温度湿度交換器に関し、特に、燃料電池の排ガスから伝達される熱および水分により未反応ガスを加熱加湿する燃料電池用の温度湿度交換器に関する。

背景技術

- [0002] 固体高分子型燃料電池において、イオン交換膜は、分子中に水素イオンの交換基を有し、飽和含水することによりイオン伝導性物質として機能する。そして、イオン交換膜が乾燥すると、イオン伝導性が低下し、燃料電池の電池性能が著しく低下するため、イオン交換膜の乾燥を防ぐように、固体高分子電解質膜のような透湿膜の両面に水と未反応ガスが流される構造の温度湿度交換器を用いて、予め未反応ガスが加湿されている。
- [0003] この温度湿度交換器は、未反応ガスが流される流路溝が備えられたセパレータと加湿水が流される流路溝が備えられたもう一方のセパレータにより透湿膜が挟持された構成になっている。そのセパレータの内部にリブによって区画されて形成された蛇行するガス流路溝の底部に、未反応ガスの流れに対向する突起が配され、未反応ガスが乱流となって効果的に攪拌され、未反応ガスが透湿膜と効果的に接触して、湿度効率を向上させている(例えば、特許文献1参照。)
- [0004] しかし、加湿水として加熱した水を用意する給水装置が別に必要となり、コストが余計に掛かってしまう。そこで、燃料電池から排出される排ガスと未反応ガスとの間で温度湿度交換を行う温度湿度交換器が提案されている。それは、第1加湿ブロックと第2加湿ブロックよりなる温度湿度交換器がスペーサーを介して燃料電池本体に連結されている。未反応ガスとしての空気が第1加湿ブロック、さらに第2加湿ブロックへ流されてから燃料電池本体の空気極に供給される。一方、燃料電池の空気極から排出された水分を含む排ガスが温度湿度交換器に導入され、未反応ガスと逆方向に流通さ

せられて排ガス出口より外部に排出される(例えば、特許文献2参照。)

[0005] また、排ガスを用いる温度湿度交換器は、透湿膜の乾燥を防ぐため、メッシュプレートと保水性の多孔質体を交互に積層してなる温度湿度交換セルを有する。温度湿度交換セルに導入された排ガスと未反応ガスは、保水性の多孔質体を介して互いに接触されることにより、温度および湿度が交換される(例えば、特許文献3参照。)

[0006] 特許文献1:特開平11-185777号公報

特許文献2:特開2002-170584号公報

特許文献3:特開2000-164229号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0007] 水分交換は、湿潤ガスから水分が凝縮して水滴がリブ表面を覆い、その水滴が透湿膜に接し、乾燥ガスが流されている流路の方に水分が透湿されることにより行われている。しかし、流路の高さが大きいと水滴が重力の影響を受けて流路の下部に片寄り、流路の上方に配置された透湿膜には水滴が接しないので、上方の乾燥ガスが流されている流路に水分が供給されない。また、リブの高さが大きいと、リブを介して伝熱される熱量が少なく、伝熱不足により乾燥ガスが充分に加熱されずに露点が上昇しないという問題があった。

[0008] さらに、リブの高さが大きいと、水滴は流路の下部に片寄り、下方の流路に向けて水分が主に伝達されるが、熱の相当分はリブを介して上方の流路にも伝達されるので、水分と熱の伝達の割合が上方下方の流路で異なっている。そのため、下方の流路では水分が多く伝達されてくるが熱の伝達が少なく、上方の流路には熱の伝達が多いが水分の伝達が少ないために、上方下方の流路で露点に大きな差異が生じる。セパレータを介する上方への熱伝達を極力抑えるためには、セパレータを断熱性の高い材料にする必要があり、そうするとセパレータの両面での温度差がますます広がり、熱変形が進む。このような熱変形が進むと、長期の使用に伴い透湿膜の支持が不確実になることが懸念される。

[0009] そこで、層流のときには流路の高さが小さいほどガス側の熱抵抗と物質移動抵抗が低減されることを考慮すると、流路の高さを減少して露点を上げることができる。しかし

、流路の高さを減少すると、ガスの給気入口の間口の狭さにより急激な圧力上昇が起こり、圧力損失の許容圧力を超えてしまうという問題があった。また、その圧力損失を見込んで給気するガスの圧力を大きくすると、温度湿度交換器の給気入口の圧力が許容圧力を越えるという問題が生じる。

[0010] そこで、ガス流路溝の底部に反応ガスの流れに対向する突起を設けると、乱流効果により多少温度効率および湿度効率は上昇するが、乱流では圧力損失が流量に対して2乗に比例するため（一方、層流では圧力損失が流量に対して比例する。）、乱流による圧力損失が大きくなり、線速度を2倍に増加すれば、圧力損失は4倍に増大する。乱流での圧力損失を許容圧力0.98kPa(100mmH₂O)以下に抑えることができない。

[0011] また、メッシュプレートと保水性の多孔質体を交互に積層すると、メッシュがガスの流れに乱流を起こし、流路圧力損失を許容圧力以下に抑えることができない。さらに、乱流にともない、ガスの流れがメッシュプレート内で不均一になるとともに透湿膜の有効面積の減少に伴う水分の伝達率が小さくなるので、湿度効率が低下してしまうという問題があった。

[0012] この発明の目的は、高い露点を有するガスを出力するとともに十分に低い圧力損失である温度湿度交換器を提供することである。

課題を解決するための手段

[0013] この発明に係わる温度湿度交換器は、水分を透湿する透湿膜、低温の乾燥ガスが流される乾燥ガスセパレータおよび高温の湿潤ガスが流される湿潤ガスセパレータを有し、上記透湿膜、上記乾燥ガスセパレータ、上記透湿膜、上記湿潤ガスセパレータの順に繰り返して積層される温度湿度交換器において、上記乾燥ガスセパレータと上記湿潤ガスセパレータは、上記積層される方向に2分割され、上記透湿膜に接する方向に開口し、並列に並べられた複数の流路溝と、複数の上記流路溝の両端部にそれぞれ連通され、流されるガスを少なくとも1つに集約する集約連結溝と、それぞれの上記集約連通溝に連通され、上記積層される方向に貫通する給気マニホールドおよび排気マニホールドと、が設けられ、上記乾燥ガスセパレータの流路溝内を流される上記乾燥ガスの流れと上記湿潤ガスセパレータの流路溝内を流される湿潤ガ

スの流れとが向流である。

発明の効果

- [0014] この発明に係わる温度湿度交換器の効果は、積層される方向に2分割された流路溝に同一のガスを流すことにより温度効率および湿度効率が改善され、出力ガスの露点を高くすることができる。さらに、流路溝の深さを浅くしても、2倍の深さに見なせる両方の流路溝と複数の流路溝を集約する集約連通溝とが連通されているので、ガスが流される流路の水力等価直径が極端に小さくなる箇所が見当たらず、圧力損失を許容圧力損失以下に抑えることができる。

図面の簡単な説明

- [0015] [図1]この発明の実施形態1に係わる温度湿度交換器の側面図である。
[図2]実施の形態1の温度湿度交換器の平面図である。
[図3]実施の形態1の温度湿度交換積層体の部分断面図である。
[図4]実施の形態1の温度湿度交換積層体の乾燥ガスセパレータの平面図である。
[図5]図4の詳細平面図と部分断面図である。
[図6]温度湿度交換器の設置の様子を示す図である。
[図7]乾燥ガス、湿潤ガスの温度と湿度の変化の様子を示す図である。
[図8]実施の形態1と比較例1の温度湿度交換器の温度効率、湿度効率、露点、圧力損失の実測値である。
[図9]実施の形態1の温度湿度交換器を用いて熱と水分とを交換の様子を示す図である。
[図10]この発明の実施の形態2の温度湿度交換器の上平面図である。
[図11]実施の形態2の温度湿度交換積層体の乾燥ガスセパレータの平面図である。
[図12]この発明の実施の形態3に係わる温度湿度交換器の側面図である。

発明を実施するための最良の形態

- [0016] 実施の形態1.

図1は、この発明の実施の形態1に係わる温度湿度交換器の側面図である。図2は、実施の形態1の温度湿度交換器の上平面図である。図3は、温度湿度交換セルの部分断面図である。図4は、温度湿度交換セルの乾燥ガスセパレータの平面図であ

る。なお、以下の説明において、乾燥ガスは常温に近く相対湿度が零に近い空気として説明する。また、湿潤ガスは例えば70℃以上の温度、相対湿度が90%以上の固体高分子型燃料電池の酸化剤出口ガスとして説明する。

[0017] 図1と図2に示されているように、実施の形態1の温度湿度交換器は、複数の温度湿度交換セル1が積層された温度湿度交換積層体2、その温度湿度交換積層体2を両面から挟持する入口保持板3および出口保持板4、入口保持板3に固着された乾燥ガス入力マニホールド5および湿潤ガス出力マニホールド6、出口保持板4に固着された乾燥ガス出力マニホールド7および湿潤ガス入力マニホールド8、温度湿度交換積層体2を入口保持板3と出口保持板4とで挟みながら締め付けるボルト9およびナット10を有する。温度湿度交換積層体2は、積層方向に垂直な断面が長方形であり、長辺の寸法が32cm、短辺の寸法が15cmである。

[0018] 入口保持板3および出口保持板4は、温度湿度交換積層体2の断面と同じ形状の長方形であり、短辺に沿って2つの厚み方向に貫通する穴11が設けられている。入口保持板3の2つの穴11に、それぞれ乾燥ガス入力マニホールド5と湿潤ガス出力マニホールド6が連通され、ガス流路が構成されている。また、出口保持板4の2つの穴11に、それぞれ乾燥ガス出力マニホールド7と湿潤ガス入力マニホールド8が連通され、ガス流路が構成されている。入口保持板3および出口保持板4は、ステンレスからできていて、長辺が32cm、短辺が15cm、厚みが1cmである。

[0019] 次に、図3を参照しながら、温度湿度交換セル1について説明する。温度湿度交換セル1は、水分を透湿することができる透湿膜15、その透湿膜15を両側から挟持する乾燥ガスセパレータ16および湿潤ガスセパレータ17を有する。透湿膜15、乾燥ガスセパレータ16、透湿膜15および湿潤ガスセパレータ17が繰り返し積層されて温度湿度交換積層体2が構成される。温度湿度交換積層体2の積層方向の両端において、乾燥ガスセパレータ16または湿潤ガスセパレータ17に入口保持板3と出口保持板4とが積層されている。

[0020] 透湿膜15は、高温の湿潤ガスと低温の乾燥ガスとの間に介在させられて水分を透湿することができる膜で、主に多孔質のポリテトラフルオロエチレン(PTFE)樹脂より成り、透湿膜15の厚さは100 μ m程度である。

- [0021] 乾燥ガスセパレータ16および湿潤ガスセパレータ17の材質は、例えば、ポリフェニレンサルファイド(PPS)樹脂で、樹脂成形法により成形されている。乾燥ガスセパレータ16および湿潤ガスセパレータ17の形状は、長辺が32cm、短辺が15cm、厚さが10mmの直方体である。
- [0022] 次に、図4と図5を参照しながら乾燥ガスセパレータ16について説明する。図5(a)は、乾燥ガスセパレータの乾燥ガスが給気される側の端部の部分平面図である。図5(b)は、図5(a)のA-Aに沿った断面図である。なお、湿潤ガスセパレータ17は乾燥ガスセパレータ16と短辺の中心線を中心線とした線対称の関係にあるので、同じ番号を付けて説明は省略する。
- [0023] 乾燥ガスセパレータ16は、長方形であり、長辺20a、20bに沿った側枠体21a、21bと、短辺22a、22bに沿った端枠体23a、23bとで枠が構成されている。その枠の中央部に、側枠体21aと側枠体21bの中央部の間に架けられるフィン25と、そのフィン25から長辺20a、20bに平行に等間隔に上下に突き出たリブ26とが設けられている。そのフィン25とリブ26とでフィン25の両面に数十本の第1の流路溝30が形成されている。フィン25は、厚みが3mmである。リブ26は、厚みが1mmで高さが3.5mmである。リブ26の上端部は0.2mmRの面取りが施されていて、平坦な部分の幅は0.6mmとなる。そして片面の第1の流路溝30は、深さが3.5mm、幅が5mmである。第1の流路溝30の底部は、0.5mmRの面取りが施されている。
- [0024] さらに、乾燥ガスセパレータ16は、第1の流路溝30の両方の端部31a、31bで両面に面した第1の流路溝30を連通する連通穴33a、33bが設けられている。連通穴33a、33bは、短径5mm、長径7mmの楕円の穴で、深さは3mmである。
- さらに、乾燥ガスセパレータ16は、5個の連通穴33aの出口が1つに集約され、その幅が連通穴33aから離れるに従って狭くなる集約連通溝34a、集約連通溝34aの連通穴33aの反対側の端部に連通する第1の乾燥ガス給気マニホールド35が設けられている。集約連通溝34aは、側枠体21a、21b、端枠体23aから内側に延びた底部28と、底部28から厚み方向に突き出た栈29とにより囲まれて構成されている。
- さらに、乾燥ガスセパレータ16は、5個の連通穴33bの出口が1つに集約され、幅が連通穴33bから離れるに従い狭くなる集約連通溝34b、集約連通溝34bの連通穴

33bの反対側の端部に連通する第1の乾燥ガス排気マニホールド36が設けられている。集約連通溝34bも、集約連通溝34aと同様に底部28と棧29とにより囲まれて構成されている。

なお、集約連通溝34a、35bは、それぞれ4分割されているが、ガスの流量、ガスの圧力差などを考慮して適宜決めればよく、分割せずに1つの溝であってもよい。

[0025] さらに、乾燥ガスセパレータ16は、短辺22aに沿って第1の乾燥ガス給気マニホールド35に隣接して第1の湿潤ガス排気マニホールド37、短辺22bに沿って第1の乾燥ガス排気マニホールド36に隣接して第1の湿潤ガス給気マニホールド38が貫通するように設けられている。

さらに、乾燥ガスセパレータ16は、外周に沿ってネジ穴27が設けられ、ネジ穴27にボルト9が貫通され、ボルト9の両端部からナット10で締め付けられることにより固定される。この第1の乾燥ガス給気マニホールド35と第1の乾燥ガス排気マニホールド36、第1の湿潤ガス排気マニホールド37と第1の湿潤ガス給気マニホールド38は、乾燥ガスセパレータ16の中心点を中心として180度点対称な位置にそれぞれ設けられている。

なお、第1の流路溝30に面した透湿膜15の部分が温度交換および湿度交換に有効に寄与する。

[0026] 一方、湿潤ガスセパレータ17は、図示しない第2の流路溝、第2の湿潤ガス給気マニホールド、第2の湿潤ガス排気マニホールド、第2の乾燥ガス給気マニホールドおよび第2の乾燥ガス排気マニホールドが、乾燥ガスセパレータ16と重ねたとき第1の流路溝30、第1の湿潤ガス給気マニホールド38、第1の湿潤ガス排気マニホールド37、第1の乾燥ガス給気マニホールド35および第1の乾燥ガス排気マニホールド36と重なる位置に設けられている。そして、湿潤ガスセパレータ17は、乾燥ガスセパレータ16を短辺方向に裏返したものと同様である。

なお、乾燥ガスセパレータ16の第1の乾燥ガス給気マニホールド35と第1の湿潤ガス排気マニホールド37とは、入口保持板3の穴11に連通されている。また、湿潤ガスセパレータ17の第2の乾燥ガス排気マニホールドと第2の湿潤ガス給気マニホールドとは、出口保持板4の穴11に連通されている。

[0027] また、透湿膜15は、乾燥ガスセパレータ16および湿潤ガスセパレータ17と積層したときに乾燥ガス給気マニホールド35、第1の乾燥ガス排気マニホールド36、第1の湿潤ガス給気マニホールド38、第1の湿潤ガス排気マニホールド37と重なる位置に図示しない貫通孔が設けられている。

図3に示すように、透湿膜15は乾燥ガスセパレータ16のリブ26の先端部と湿潤ガスセパレータ17のリブの先端部とで支持されている。

[0028] このような構成の温度湿度交換器を図6に示すように配置する。すなわち、透湿膜15の法線が上下方向に向くように水平に配置し、それに伴って乾燥ガスセパレータ16および湿潤ガスセパレータ17も水平に透湿膜15に接するように積層されている。

また、入力保持板3が一番下層の温度湿度交換セル1に接するように積層され、出力保持板4が一番上層の温度湿度交換セル1に接するように積層されている。

[0029] 次に、図4、図6を参照して、この実施の形態1に係わる温度湿度交換器を用いて湿潤ガスから乾燥ガスに水分と熱を伝達する様子を説明する。乾燥ガスは、乾燥ガス入力マニホールド5から供給され、入力保持板3の穴11を経由し、乾燥ガスセパレータ16に設けられた第1の乾燥ガス給気マニホールド35へ流される。さらに、乾燥ガスは、乾燥ガスセパレータ16の集約連通溝34aから連通穴33aを経由して乾燥ガスセパレータ16の両面に設けられた第1の流路溝30へ流され、連通穴33bで両面の第1の流路溝30から流されてきた乾燥ガスが混ざり、集約連通溝34bから第1の乾燥ガス排気マニホールド36に導かれる。そして、第1の乾燥ガス排気マニホールド36から出力保持板4の穴11を経由して乾燥ガス出力マニホールド7へ流される。この乾燥ガスは燃料電池に供給される。

[0030] 燃料電池に供給された乾燥ガスは、水素と酸素の反応に伴う水およびプロトン伴ってイオン交換膜を伝達された水により湿潤され、さらに水素と酸素の反応に伴う反応熱により加熱され、高温の湿潤ガスとして排出される。このように湿潤ガスは乾燥ガスに比べて温度が高く、湿度も高い。

[0031] この湿潤ガスは、湿潤ガス入力マニホールド8から供給され、出力保持板4の穴11を経由し、湿潤ガスセパレータ17に設けられた第2の湿潤ガス給気マニホールドへ引き込まれる。さらに、湿潤ガスは、湿潤ガスセパレータ17の集約連通溝34bから連

通穴33bを経由して湿潤ガスセパレータ17の両面に設けられた第2の流路溝で流れ、連通穴33aで両面の第2の流路溝から流されてきた湿潤ガスが混ざり、集約連通溝34aから第2の湿潤ガス排気マニホールドに導かれる。そして、第2の湿潤ガス排気マニホールドから入力保持板3の穴11を経由して湿潤ガス出力マニホールド6へ導かれ外部に排出される。

そして、乾燥ガスと湿潤ガスは、透湿膜15を挿んで、乾燥ガスセパレータ16および湿潤ガスセパレータ17の長辺に平行に向流して第1の流路溝30内と第2の流路溝内を流される。

[0032] このように流された乾燥ガスと湿潤ガスとの間で透湿膜15を介して、湿潤ガスから乾燥ガスに熱伝達と水分伝達が行われ、図7に示すように乾燥ガスの温度と湿度が上昇する。図7(a)は、乾燥ガスと湿潤ガスの流路溝内における温度の変化を示す。図7(b)は、乾燥ガスと湿潤ガスの流路溝内における湿度の変化を示す。この湿潤ガスから乾燥ガスへの熱の交換の温度効率 ϵ_T は、乾燥ガス入力マニホールド5で測定された乾燥ガスの温度 t_{c1} 、乾燥ガス出力マニホールド7で測定された乾燥ガスの温度 t_{c2} 、湿潤ガス入力マニホールド8で計測された湿潤ガスの温度 t_{h1} 、湿潤ガス出力マニホールド6で測定された湿潤ガスの温度 t_{h2} の測定値から $\epsilon_T = (t_{c2} - t_{c1}) / (t_{h1} - t_{c1})$ で求めることができる。

また、湿度効率 ϵ_H は、乾燥ガス入力マニホールド5で測定された乾燥ガスの湿度 P_{c1} 、乾燥ガス出力マニホールド7で測定された乾燥ガスの湿度 P_{c2} 、湿潤ガス入力マニホールド8で計測された湿潤ガスの湿度 P_{h1} 、湿潤ガス出力マニホールド6で測定された湿潤ガスの湿度 P_{h2} の測定値から $\epsilon_H = (P_{c2} - P_{c1}) / (P_{h1} - P_{c1})$ で求めることができる。

[0033] この実施の形態1の温度湿度交換器と比較するために、特開2003-314983号公報に記載の温度湿度交換器を比較例1として準備した。この比較例1の温度湿度交換器は、枠体が上下方向開放の内部空間を形成するように周枠が巡らされた枠型形状であり、内部空間にガスが出入りする流入口と流出口とが形成されている。透湿膜は、高温の湿潤ガスと低温の乾燥ガスとの間に介在され、熱交換を行うと同時に水分を透湿する膜である。枠体はPPS樹脂から作られ、また、透湿膜は実施の形態1と同

様にPTFE樹脂からできている。この内部空間の上下が気密に塞がれるように枠体と透湿膜と枠体の順に、順次積み重ねられ、外部に対して気密な積層体が形成されている。

積層体の4つの側面のうち、一方の側面を、例えば湿潤ガス入口、他方を出口とし、更に別の一方の側面側を乾燥ガスの流入口側、他方の側面側をその流出口とし、各々相応する給排気用外部マニホールドが配置されている。このように構成された枠体と透湿膜とを、例えば、10個の枠体と9枚の透湿膜とを、交互に積み重ね、内部空間を通るガス流路が交差するようにして乾燥ガスと湿潤ガスとの流れがクロス・フローになるようにし、透湿膜を介した水分の交換が行われる。

[0034] 図8に、この実施の形態1の温度湿度交換器と比較例1の測定した温度効率、湿度効率、露点、圧力損失を示す。実施の形態1の温度湿度交換器の温度効率と湿度効率はそれぞれ92%、88%であった。比較例1の測定した温度効率および湿度効率はそれぞれ75%、53%であった。このように、温度効率を11%、湿度効率を23%改善することができた。

また、実施の形態1の温度湿度交換器から出力露点が70℃の乾燥ガスが出力された。一方、圧力損失は許容圧力以下の0.83kPa(85mmH₂O)まで上昇した。一方、比較例1の温度湿度交換器からは出力露点が57℃の乾燥ガスしか出力されなかった。

[0035] フィン25が挿入されて流路溝30が積層方向に2分割されると、流路の高さがフィン25の厚み分余分に減少して半分以下になり、その流路の水力等価直径が半減する。そして、ヌセルト数から求められる熱伝達率とシャーウッド数から求められる物質伝達率は、水力等価直径に反比例するので、それぞれ倍増し、それに伴い熱抵抗と物質移動抵抗とが半減する。また、JIS-L-1099Bに規定されている繊維製品の透湿度試験方法に基づき、水蒸気分圧差と透湿膜15の膜厚とを考慮して、透湿膜15を透湿する水分の質量(g)から透湿膜15の単位面積当たり(cm²)と単位時間当たり(時間)に換算して求められた透湿度を用いて、透湿膜15自体の移動抵抗が求められた。その結果、フィン25が挿入されて2分割された流路溝30と2分割されていないもとの流路溝とをそれぞれ有するセパレータを用いて解析した物質伝達に関する無次

元数としての物質伝達単位数NMTU (Number of Mass transfer Unit)は、それぞれ7.5と4.0となり、温度効率と湿度効率が改善されることを説明できる。

[0036] このように積層方向に2分割された流路溝30にガスを流すことにより、露点を高くできるとともに圧力損失を低く抑えることのできる理由を図9を参照して説明する。図9は、温度湿度交換セル1の部分断面図を示す。なお、図9中、実線の矢印は温度の流れを示し、点線の矢印は水分の流れを示している。湿潤ガスセパレータ17のフィン25とリブ26および透湿膜15により囲繞された空間に湿潤ガスが図9の奥行き方向に流され、乾燥ガスセパレータ16のフィン25とリブ26および透湿膜15により囲繞された空間に乾燥ガスが図9の手前方向に流されている。湿潤ガスセパレータ17のフィン25およびリブ26の温度は熱伝導により湿潤ガスより数℃位低いので、水滴50がフィン25、リブ26および開口に沿って凝縮する。積層方向の中間に設けられたフィン25の効果によりリブ26の周辺と透湿膜15に接する面に水滴が形成され、上方の透湿膜15にも水分が有効に伝達する。透湿膜15の表面は親水性なので、水の表面張力により重力に抗して水滴50は上方の透湿膜15に貼り付くように液膜を形成する。そして、上の流路溝30aのフィン25およびリブ26の表面で凝縮した水滴50と下の流路溝30bのフィン25およびリブ26の表面で凝縮した水滴50が、それぞれ上方の透湿膜15と下方の透湿膜15を介して均等に水分が伝達されて湿度効率が改善することができると考えられる。

[0037] また、乾燥ガスが流されている乾燥ガスセパレータ16では、図9に示すように真ん中に設けられたフィン25が表面積を増加し、伝熱促進により乾燥ガスが加熱され、透湿膜15を経由する水の蒸発と移動が促進される。フィン25内部に示した中心線51は上下の流路溝30a、30bの対称面を表している。中心線は、熱的に中立な断熱面となるので、積層方向にフィン25内部の熱の移動がなく、フィン25に伝達された熱は、全て閉空間内を流れる乾燥ガスの加熱と透湿膜15を介して移動する水の蒸発に費やされる。さらに、従来のようにセパレータの両面で異なるガスが流されたときに見られるような両面の温度差の違いによる熱変形が大幅に軽減され、セパレータ材料の長寿命化、信頼性の向上にも大きく貢献する。

また、横に並んだ複数の上下の流路溝30a、30bの端部を4つの集約連通溝34a、

34bに集約してから乾燥ガス給気マニホールド35および乾燥ガス排気マニホールド36に連通しているため、水力等価直径の変化が小さく、流路溝30a、30bの深さを浅くしても圧力損失の増加が小さくてすむ。

[0038] また、フィン25から上下に突き出た高さの低いリブ26により透湿膜15が両側から支持されるので、リブ26の高さの低い分だけ曲げ強度が大きくなり、透湿膜15が確実に支持される。さらに、フィン25の熱変形の低減により透湿膜15が確実に支持される。これらにより、湿潤ガスと乾燥ガスとの間で4.9kPa(500mmH₂O)以上の圧力差が生じても透湿膜15の変形が少なく、変形による流路の閉塞や圧力損失の増加を防ぐことができる。

また、樹脂成形法により一体として乾燥ガスセパレータ16および湿潤ガスセパレータ17が成形できるので、リブ26のはめ込み、位置合わせ、接着などの組み立て工程が簡略化され、部品点数も削減することができるとともに、積層枚数を増やさずに、流路の高さを小さくすることが可能になった。

[0039] このような温度湿度交換器は、積層される方向に2分割された流路溝に同一のガスを流すことにより温度効率および湿度効率が改善され、出力ガスの露点を高くすることができる。さらに、流路溝の深さを浅くしても、2分割された流路溝が合わせて2倍の深さに見なせるとともに流路溝に複数の流路溝を集約する集約連通溝が連通されているので、ガスが流される流路の水力等価直径が極端に小さくなる箇所が見当たらず、圧力損失を許容圧力損失以下に抑えることができる。

[0040] また、乾燥ガスセパレータおよび湿潤ガスセパレータにそれぞれ設けられた直線状の複数の流路溝内を透湿膜を介在させて乾燥ガスおよび湿潤ガスが向流(カウンターフロー)するように流されるので、高い露点であるとともに高い圧力の加熱加湿された乾燥ガスを出力することができる。

[0041] また、透湿膜、乾燥ガスセパレータおよび湿潤ガスセパレータを上下方向に積層して設置することにより、凝縮した水分の液膜が透湿膜の表面を濡らし、透湿膜直下を流れる乾燥ガスに水分が伝わり、水分を上から下に移動させる重力の方向と水分が膜を介して移動する方向とが一致させられているので、水分が移動しやすく、湿度効率を改善することができ、高い露点の乾燥ガスを出力することができる。

[0042] また、冷却水の熱利用を併用しなくてもよいので、余分なコストが掛からず安価な温度湿度交換器を提供することができる。

[0043] また、流路溝を2分割するフィンの厚みを調節することにより、流路の高さの変更が可能であり、圧力損失と熱抵抗および物質移動抵抗とのトレードオフを考慮して最適な流路を設計することができる。具体的には、フィンの厚みを厚くするとその分流路の高さが減少し、圧力損失は増加するが、蒸気の移動性能が改善する。このようにして燃料電池の仕様に応じて適宜設計することができる。

[0044] 実施の形態2.

図10は、この発明の実施の形態2の温度湿度交換器の上平面図である。図11は、実施の形態2に係わる温度湿度交換セルの乾燥ガスセパレータの平面図である。

実施の形態2に係わる温度湿度交換器は、実施の形態1に係わる温度湿度交換器と乾燥ガス入力マニホールド5、乾燥ガス出力マニホールド7、湿潤ガス入力マニホールド8、湿潤ガス出力マニホールド6の位置が異なっており、その他は同様であるので、同様な部分の説明は省略する。

実施の形態2に係わる温度湿度交換器の乾燥ガス入力マニホールド5と乾燥ガス出力マニホールド7は、図10に示すように、長辺の中心線を中心として線対称の位置に設けられている。

[0045] 実施の形態1の乾燥ガスセパレータ16は、乾燥ガスセパレータ16の中心点を中心として点対称の位置に乾燥ガス給気マニホールド35と乾燥ガス排気マニホールド36が設けられている。また、湿潤ガス排気マニホールド37と湿潤ガス給気マニホールド38が乾燥ガスセパレータ16の中心点を中心として点対称の位置に設けられている。そして、乾燥ガス給気マニホールド35と湿潤ガス排気マニホールド37とが短辺22aの中心線を中心として線対称の位置に設けられている。

また、湿潤ガスセパレータ17は、乾燥ガスセパレータ16を短辺22aの中心線を中心軸として表裏反対になるように裏返されたものである。

[0046] 一方、実施の形態2に係わる乾燥ガスセパレータ16Bは、乾燥ガスセパレータ16Bの長辺20a、20bの中心線を中心として線対称の位置に乾燥ガス給気マニホールド35と乾燥ガス排気マニホールド36が設けられている。また、湿潤ガス排気マニホー

ルド37と湿潤ガス給気マニホールド38が乾燥ガスセパレータ16の長辺20a、20bの中心線を中心として線対称の位置に設けられている。

また、湿潤ガスセパレータは、乾燥ガスセパレータ16Bを短辺22a、22bの中心線を中心軸として表裏反対になるように裏返されたものである。

[0047] このように透湿膜15を介して同一形状のセパレータの一方を裏返して交互に積層することにより、透湿膜15を介して加湿ガスの流路と被加湿ガスの流路を交互に形成することができる。

[0048] 従来、乾燥ガスセパレータと湿潤ガスセパレータとは、特開2000-164229号公報の図7、8に示すように、異なった形状の2種類の板が必要であったが、この実施の形態1のように中心点を中心として点対称の位置または実施の形態2のように長辺の中心線を中心として線対称の位置にマニホールドが設けられたセパレータを用いれば、透湿膜を介して交互に積層することにより部品点数を削減でき、かつ、量産性・加工性に優れた温湿度交換器用のセパレータを提供することができる。

[0049] 実施の形態3.

図12は、この発明の実施の形態3に係わる温湿度交換器の側面図である。この実施の形態3の温湿度交換器は、実施の形態1の温湿度交換積層体を2つに分割し、一方の温湿度交換積層体内で乾燥ガスが流される方向が他方の温湿度交換積層体内で乾燥ガスが流される方向と反対であることが実施の形態1と異なっている。その他は同様であるので、同様な部分の説明は省略する。

[0050] 図12に示すように、実施の形態3の温湿度交換器は、上下2つの温湿度交換積層体41a、41bが入口保持板3と出口保持板4とにより挟持されている。上側の温湿度交換積層体41aの最下層の乾燥ガスセパレータ42と下方の温湿度交換積層体41bの最上層の湿潤ガスセパレータ43との間に、湿潤ガスセパレータ43の第2の湿潤ガス給気マニホールドと第2の乾燥ガス排出マニホールドに対応する位置だけ孔が開けられた中間セパレータ44が挿入されている。中間セパレータ44は、乾燥ガスセパレータ42と同じ形状の長方形の板である。上側の温湿度交換積層体41aの乾燥ガスセパレータ42は、下側の温湿度交換積層体41bの乾燥ガスセパレータを中心点を中心として180度点対称な位置に配置されている。そして、下側の温度

湿度交換積層体41bの乾燥ガス排気マニホールドは、上側の温度湿度交換積層体41aの乾燥ガス給気マニホールドに連通されている。一方、上側の温度湿度交換積層体41aの湿潤ガス排気マニホールドは、下側の温度湿度交換積層体41bの湿潤ガス給気マニホールドに連通されている。そして、上側の温度湿度交換積層体41aの乾燥ガス給気マニホールドと湿潤ガス排気マニホールドとの下側は中間セパレータ44で仕切られている。また、下側の温度湿度交換積層体41bの乾燥ガス給気マニホールドと湿潤ガス排気マニホールドとの上側は中間セパレータ44で仕切られている。

[0051] 次に、ガスの流れについて説明する。低温の乾燥ガスは下部の乾燥ガス入力マニホールド5から供給され、下側の温度湿度交換積層体41bの乾燥ガスセパレータの流路溝内を流され、透湿膜を介して湿潤ガスとの間で熱と水分の交換が行われる。流路溝内を流されて下側の温度湿度積層体41bの乾燥ガス排気マニホールドに到達した乾燥ガスは、中間セパレータ44の孔を経由して上側の温度湿度交換積層体41aの乾燥ガス給気マニホールドに流され、さらに、上側の温度湿度交換積層体41aの乾燥ガスセパレータの流路溝内を流され、上側の温度湿度交換積層体41aの乾燥ガス排気マニホールドへ導かれる。そして、乾燥ガス出力マニホールド7から出力されて、燃料電池に供給される。

[0052] 一方、燃料電池から排出された高温の湿潤ガスは上部の湿潤ガス入力マニホールド8から供給され、上側の温度湿度交換積層体41aの湿潤ガスセパレータの流路溝内を流され、透湿膜を介して乾燥ガスとの間で熱と水分の交換が行われる。流路溝内を流されて上側の温度湿度積層体41aの湿潤ガス排気マニホールドに到達した湿潤ガスは、中間セパレータ44の孔を経由して下側の温度湿度交換積層体41bの湿潤ガス給気マニホールドに流され、さらに、下側の温度湿度交換積層体41bの湿潤ガスセパレータの流路溝内を流され、下側の温度湿度交換積層体41bの湿潤ガス排気マニホールドへ導かれる。そして、湿潤ガス出力マニホールド6から排出される。

[0053] この合流に伴って起こる凝縮による水滴を受ける図示しないドレインが湿潤ガス出力マニホールド6の下方に設けられている。

一方、低温の乾燥ガスは、湿潤ガスと全く反対の方向に流される。

- [0054] このように、2段階で温度湿度交換が施され、1段目に生じた湿度、温度の不均一を解消し、均一なガスを再度流すことができるので、湿度効率、温度効率を更に改善することができる。
- [0055] 低温の乾燥ガスは湿潤ガスとは全く反対の流れを形成し、下から上に流れる。このように、湿潤ガスおよび乾燥ガスともに2段化し、かつ、湿潤ガスが高温から低温に上から下に流れ、乾燥ガスが低温から高温に下から上に流れることを特徴とする。これより、水滴が滴下する方向、透湿膜を介して水分が移動する方向、熱が高温から低温に伝わる方向、以上の3つの方向が完全に一致し、温度・湿度交換に優れた性能を発揮することができる。

請求の範囲

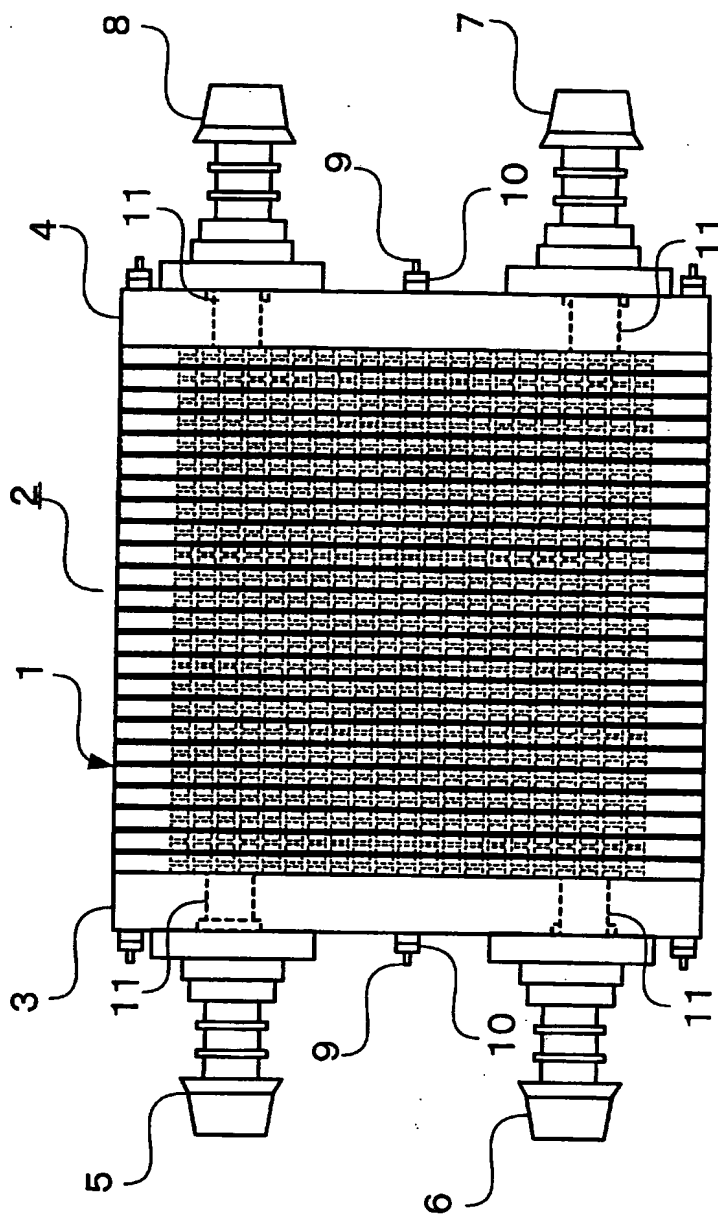
- [1] 水分を透湿する透湿膜、低温の乾燥ガスが流される乾燥ガスセパレータおよび高温の湿潤ガスが流される湿潤ガスセパレータを有し、上記透湿膜、上記乾燥ガスセパレータ、上記透湿膜、上記湿潤ガスセパレータの順に繰り返して積層される温度湿度交換器において、
- 上記乾燥ガスセパレータと上記湿潤ガスセパレータは、
- 上記積層される方向に2分割され、上記透湿膜に接する方向に開口し、並列に並べられた複数の流路溝と、
- 複数の上記流路溝の両端部にそれぞれ連通され、流されるガスを少なくとも1つに集約する集約連結溝と、
- それぞれの上記集約連結溝に連通され、上記積層される方向に貫通する給気マニホールドおよび排気マニホールドと、
- が設けられ、
- 上記乾燥ガスセパレータの流路溝内を流される上記乾燥ガスの流れと上記湿潤ガスセパレータの流路溝内を流される湿潤ガスの流れとが向流であることを特徴とする温度湿度交換器。
- [2] 上記乾燥ガスセパレータの流路溝のリブと上記湿潤ガスセパレータの流路溝のリブとが対向して上記透湿膜を挟持することを特徴とする請求項1に記載の温度湿度交換器。
- [3] 上記乾燥ガスセパレータは、乾燥ガスの給気マニホールドと乾燥ガスの排気マニホールドと、および湿潤ガスの給気マニホールドと湿潤ガスの排気マニホールドとが上記乾燥ガスセパレータの中心点を中心とした点対称または一辺の中心線を中心とした線対称の位置に設けられ、
- 上記湿潤ガスセパレータは、上記乾燥ガスセパレータが上記乾燥ガスセパレータの他辺の中心線を中心軸として裏返されたものであることを特徴とする請求項1または2に記載の温度湿度交換器。
- [4] 上記積層方向の最下層に乾燥ガス入力マニホールドおよび湿潤ガス出力マニホールドが備えられ、

上記積層方向の最上層に乾燥ガス出力マニホールドおよび湿潤ガス入力マニホールドが備えられたことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の温度湿度交換器。

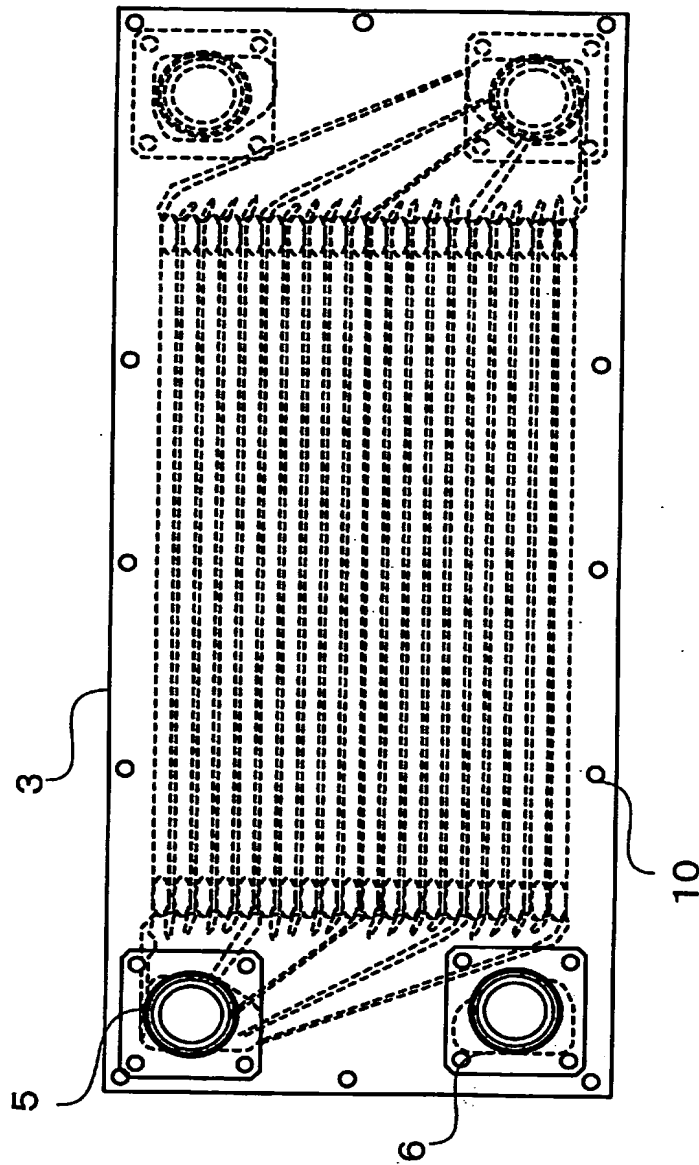
- [5] 上記透湿膜、上記乾燥ガスセパレータ、上記透湿膜、上記湿潤ガスセパレータの順に繰り返し積層される複数の温度湿度交換積層体を有し、

上記温度湿度交換積層体が、乾燥ガスについて上流の上記温度湿度交換積層体の乾燥ガス排気マニホールドと湿潤ガス給気マニホールドが、乾燥ガスについて次に下流の上記温度湿度交換積層体の乾燥ガス給気マニホールドと湿潤ガス排気マニホールドにそれぞれ連通されるように、積層されることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載の温度湿度交換器。

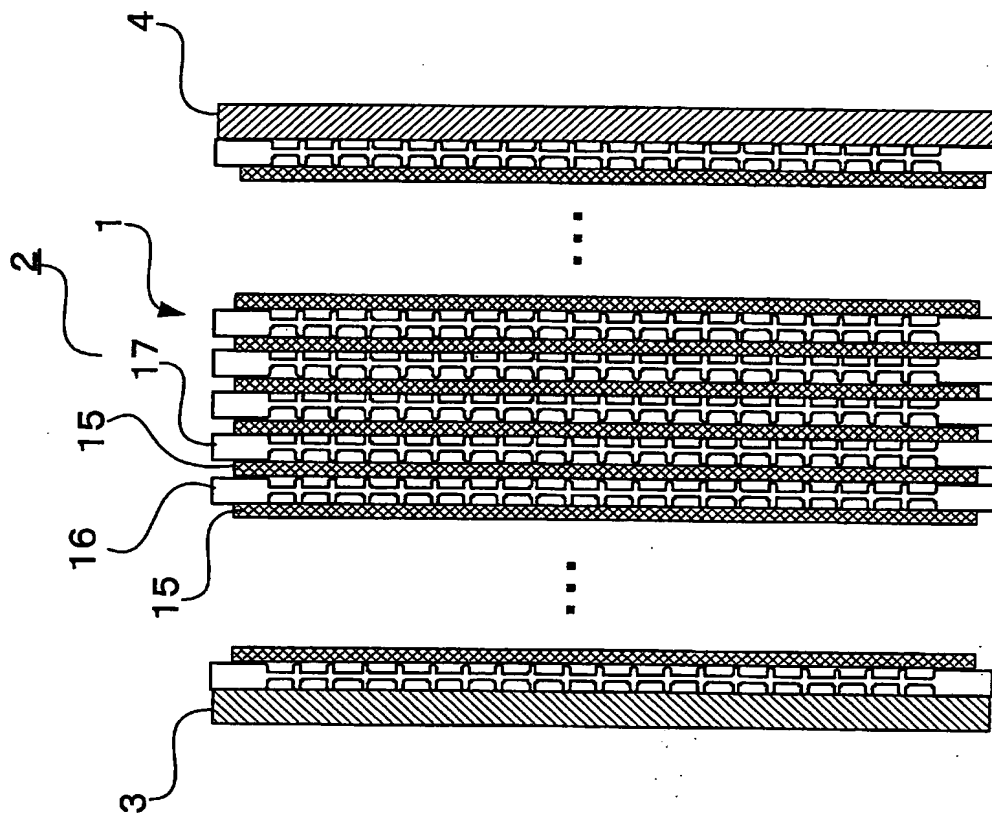
[図1]



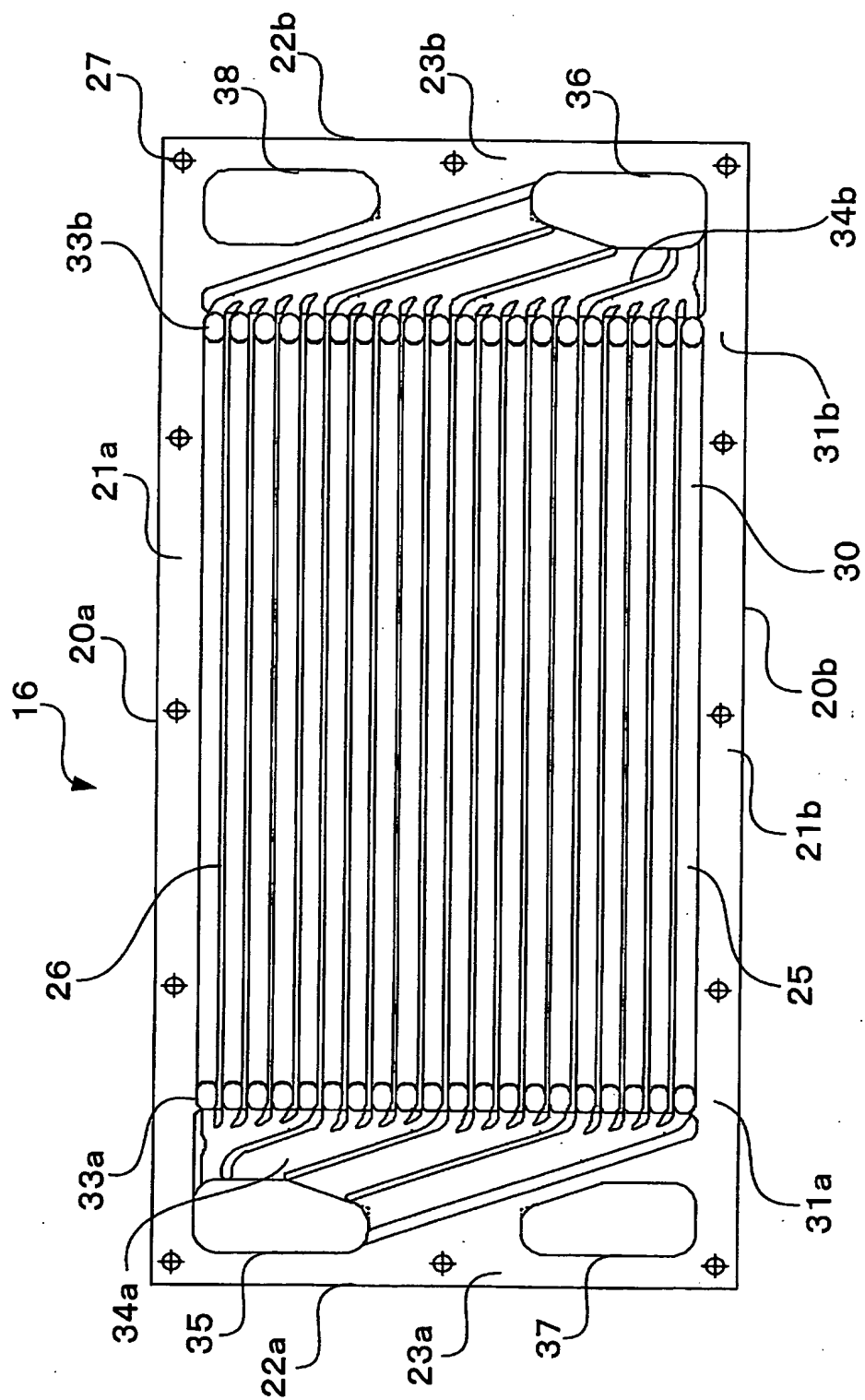
[図2]



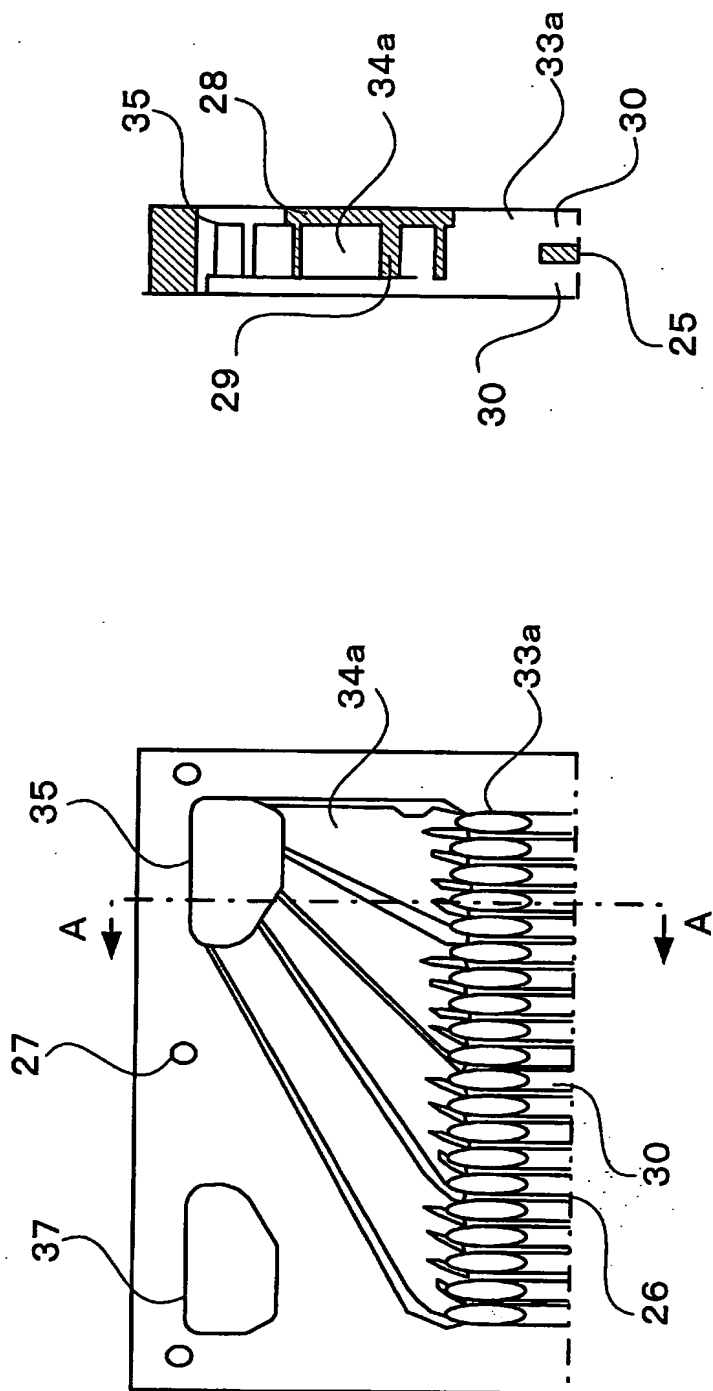
[図3]



[図4]



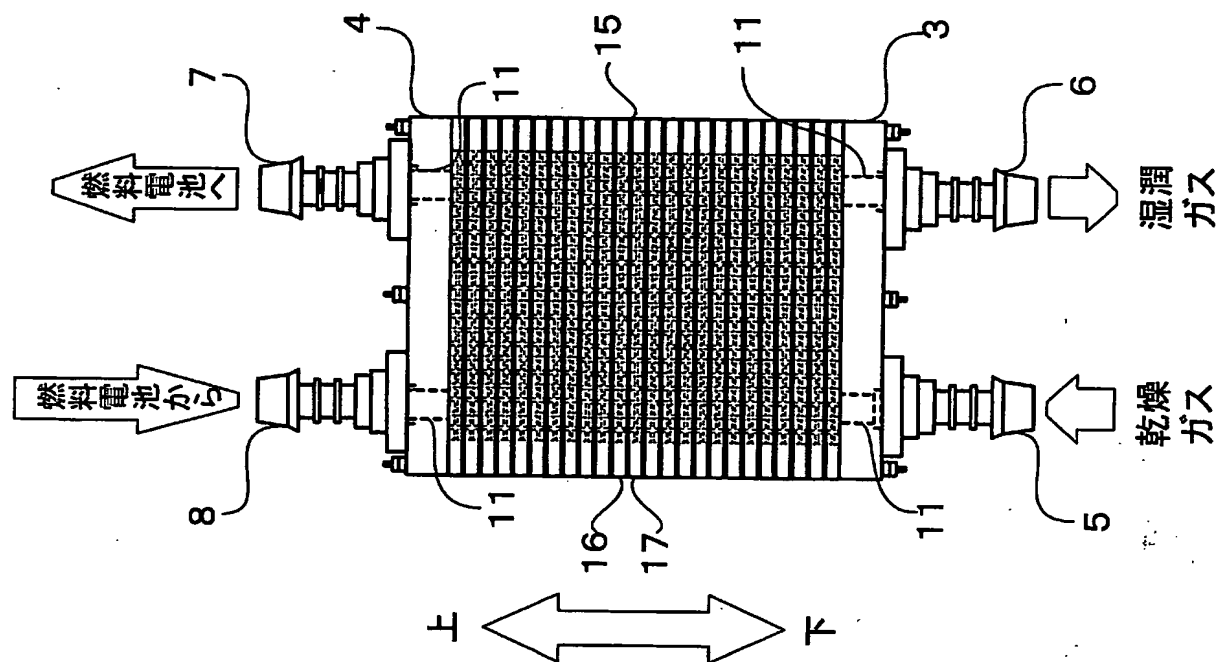
[図5]



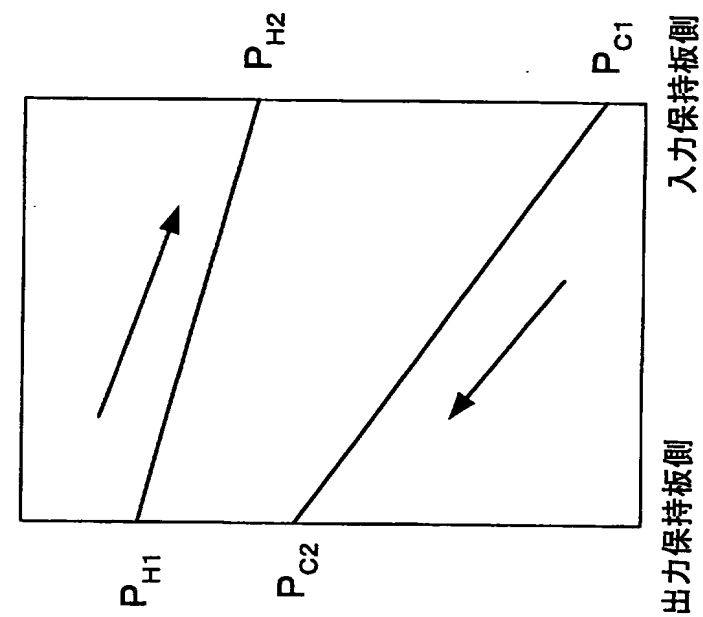
(b)

(a)

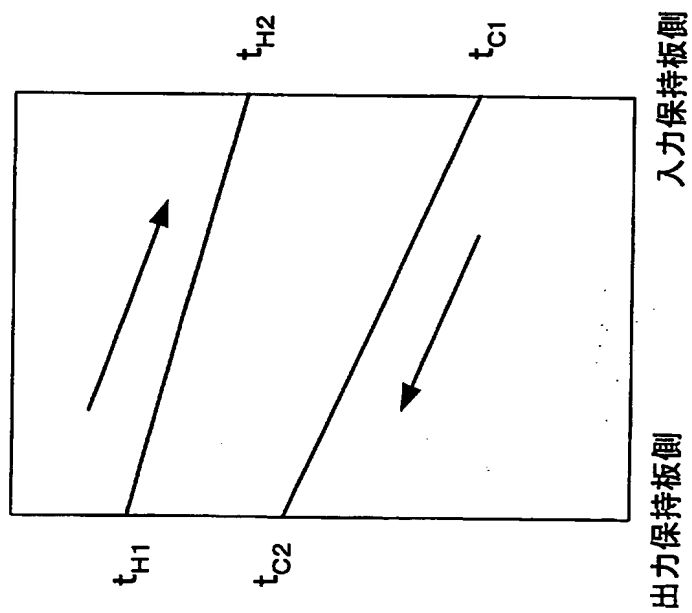
[図6]



[図7]



(b)

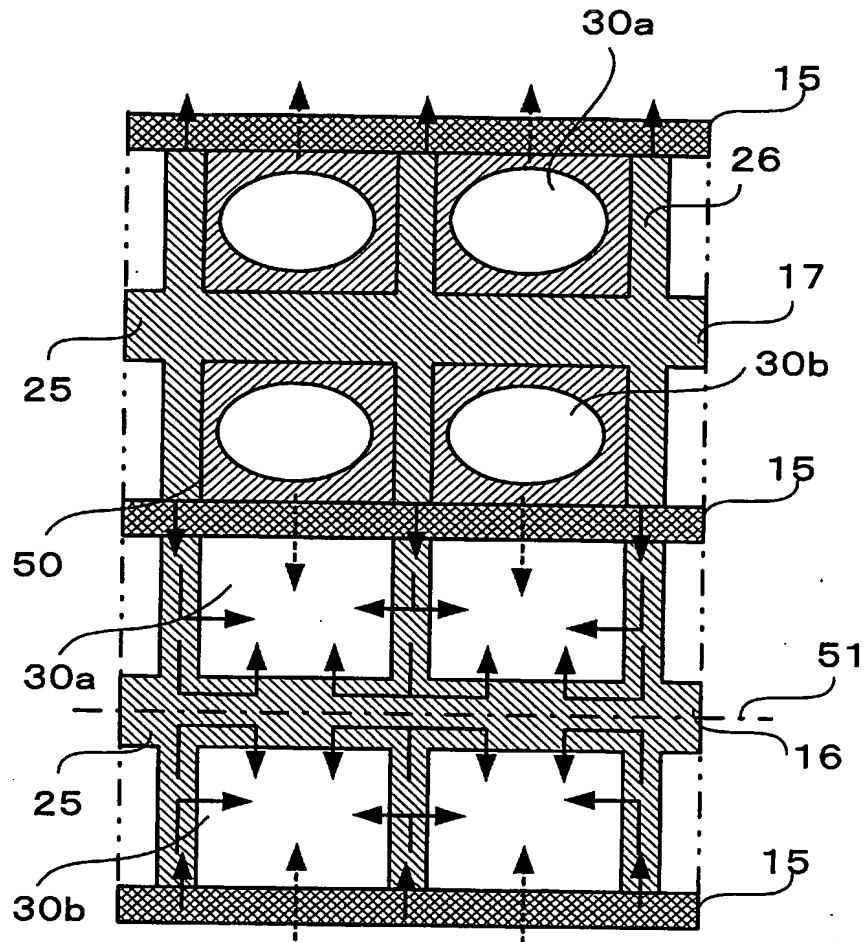


(a)

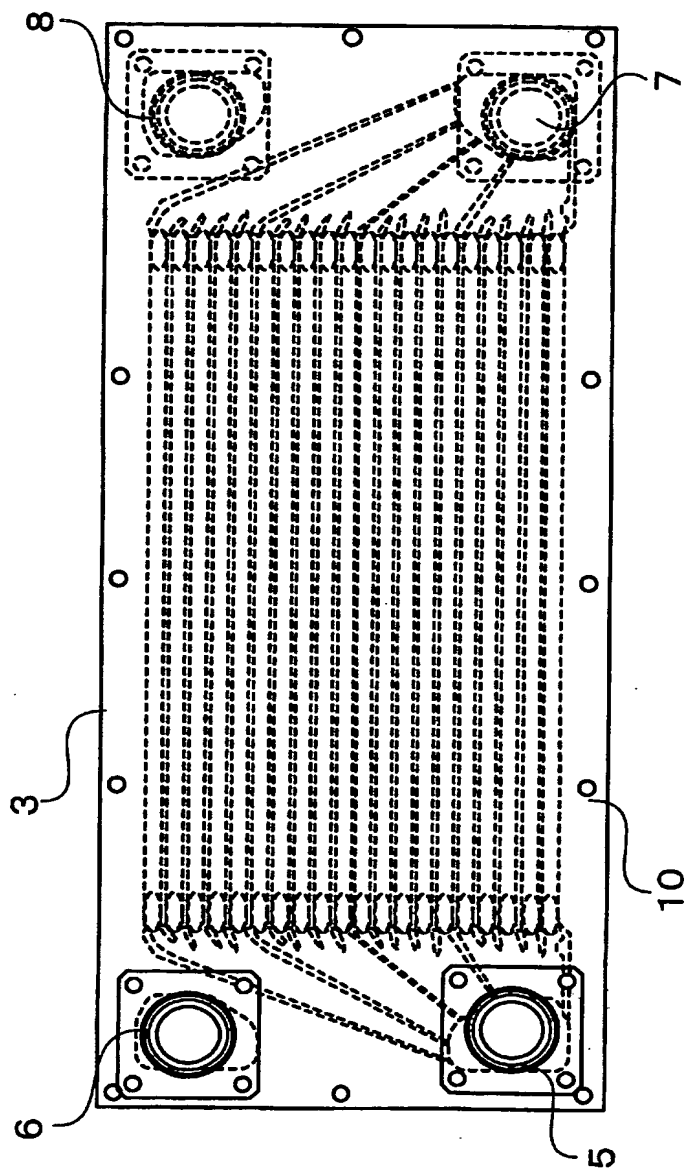
[図8]

| | 実施の形態1 | 比較例1 | |
|--------------|--------|-------|-------|
| 流路溝深さ | 極小 | 大 | 小 |
| 温度効率 (%) | 92 | 75 | |
| 湿度効率 (%) | 88 | 53 | |
| 露点 (°C) | 70 | 57 | |
| 圧力損失 (Pa) | 0. 83 | 0. 47 | 1. 88 |

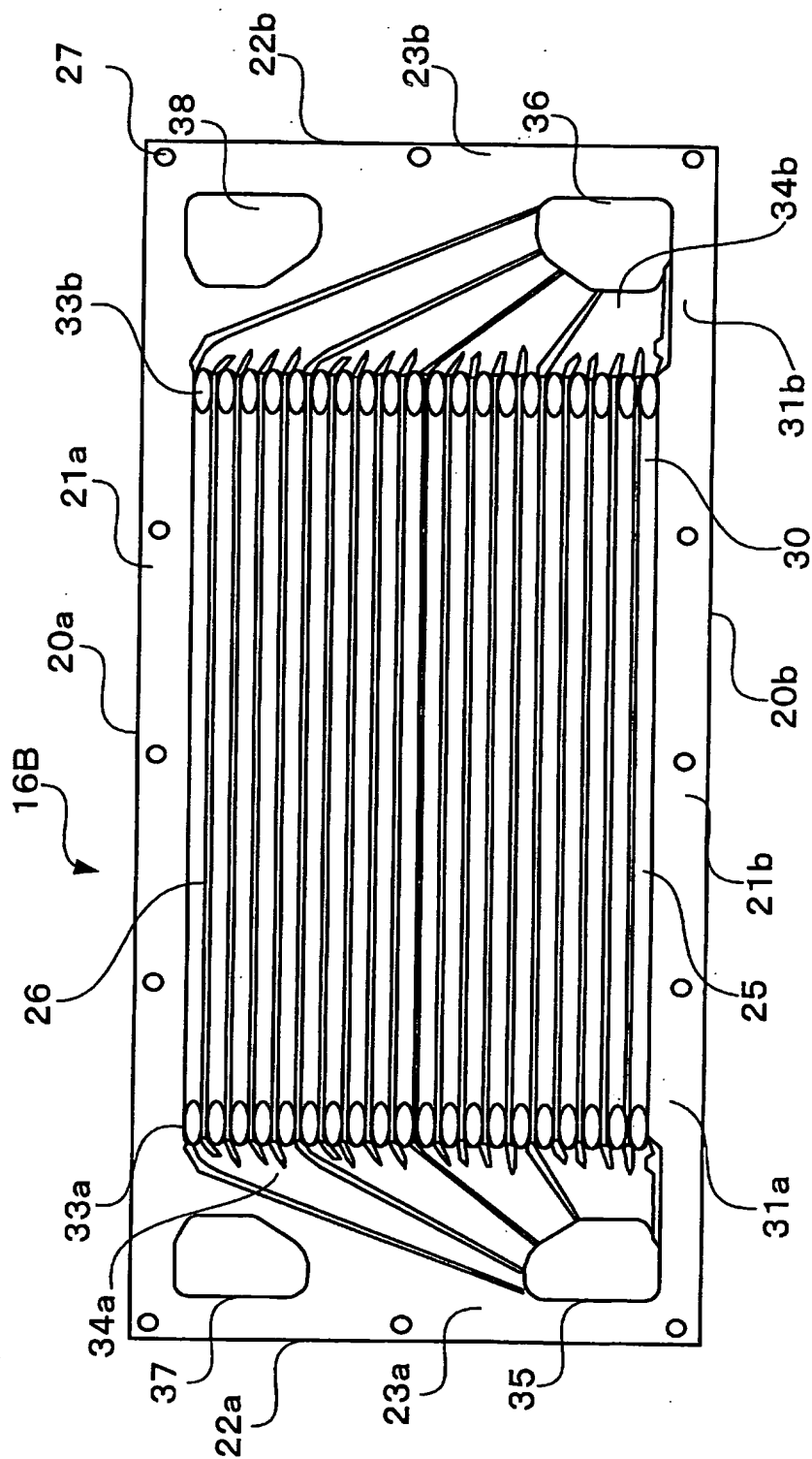
[図9]



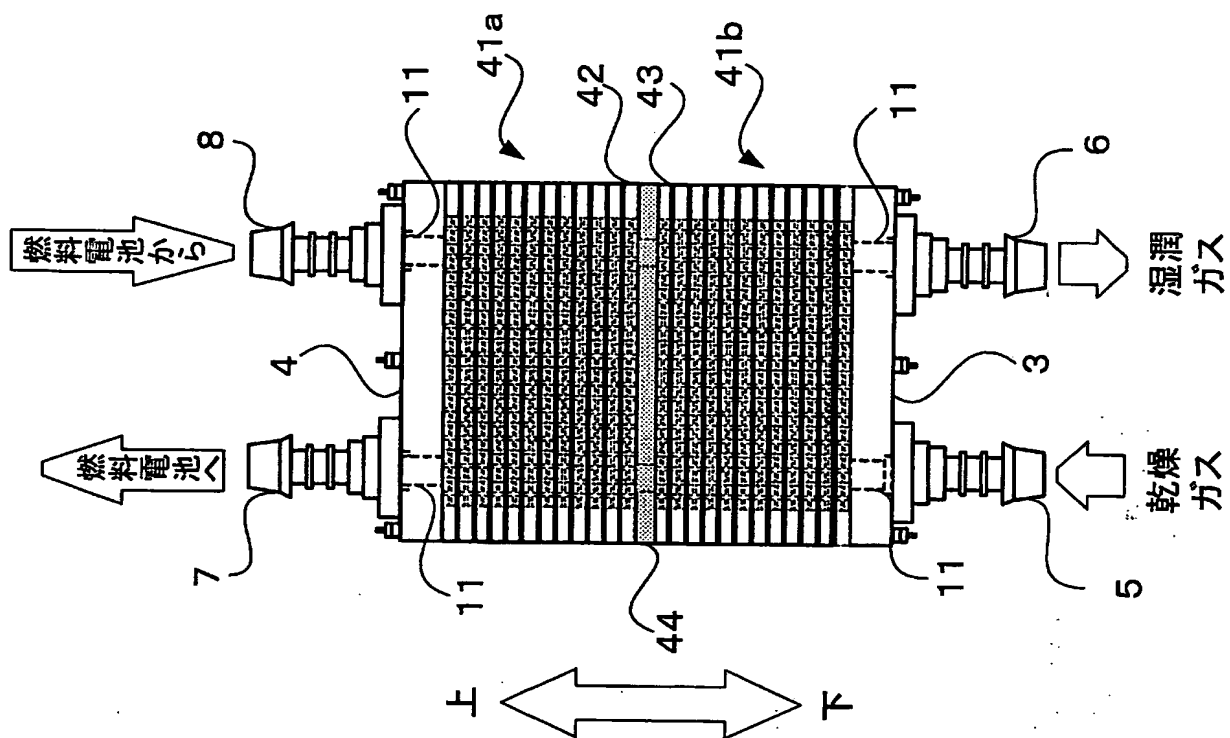
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/000833

| A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ F28F3/08, H01M8/04 | | |
|--|---|---|
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC | | |
| B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ F28F3/08, H01M8/04 | | |
| Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005 | | |
| Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) | | |
| C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT | | |
| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
| A | JP 2001-307753 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 02 November, 2001 (02.11.01), Fig. 1 & US 2001-38935 A1 | 1-5 |
| A | JP 10-74532 A (Honda Motor Co., Ltd.), 17 March, 1998 (17.03.98), Fig. 6 & US 5965288 A1 & EP 831543 A1 & DE 69702101 T | 1-5 |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex. | | |
| * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family | | |
| Date of the actual completion of the international search 25 April, 2005 (25.04.05) | | Date of mailing of the international search report 17 May, 2005 (17.05.05) |
| Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office | | Authorized officer |
| Facsimile No. | | Telephone No. |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

IntCl⁷ F28F3/08, H01M8/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

IntCl⁷ F28F3/08, H01M8/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2005年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2005年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2005年 |

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A | JP 2001-307753 A (三洋電機株式会社) 2001.11.02, 図 1 & US 2001-38935 A1 | 1-5 |
| A | JP 10-74532 A (本田技研工業株式会社) 1998.03.17, 図 6 & US 5965288 A1 & EP 831543 A1 & DE 69702101 T | 1-5 |

C欄の続きにも文献が列举されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.04.2005

国際調査報告の発送日

17.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

神崎 孝之

3M

9037

電話番号 03-3581-1101 内線 3377